

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-229828

(43)Date of publication of application : 19.08.1992

(51)Int.Cl.

G02F 1/1335

(21)Application number : 02-414806

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 27.12.1990

(72)Inventor : ISHIKAWA MASAHIRO
HIRATA JUNKO
HADO HITOSHI

(54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide excellent visibility by setting up an optical anisotropic element so as to make a phase difference between extraordinary light and ordinary one come to almost zero with a vertical incident light in the case where there is no liquid crystal cell.

CONSTITUTION: A liquid crystal cell 4 being torsionally oriented at the time of no impressed voltage between two substrates is set up in an interval between two polarizing plates 1 and 7, and respective optical anisotropic elements 2, 3, 5, 6 are set up between both sides of the cell 4 and these two plates 1, 7. At the time of setting up these elements 2, 3, 5, 6 in a space between each of these polarizing plates, as well as when there is no liquid crystal cell 4 and these optical anisotropic elements are held by only these two polarizing plates 1 and 7 in between, a display color is varied by a double refraction effect unless they are set up so as to make a phase difference between extraordinary light and ordinary one come to almost zero with a vertical incident light. Therefore these elements 2, 3, 5, 6 should be set up between both intervals of the upper and lower liquid crystal cells 4 and these two polarizing plates 1 and 7 so as to make a phase difference between the extraordinary light and the ordinary one come to almost zero with the vertical incident light in the case where there is no liquid crystal cell 4.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-229828

(43) 公開日 平成4年(1992)8月19日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/1335	5 1 0	7724-2K		

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全 15 頁)

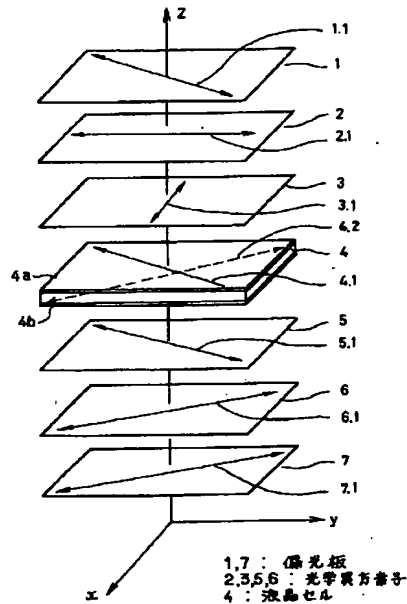
(21) 出願番号	特願平2-414806	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(22) 出願日	平成2年(1990)12月27日	(72) 発明者	石川 正仁 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地株式 会社東芝横浜事業所内
		(72) 発明者	平田 純子 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地株式 会社東芝横浜事業所内
		(72) 発明者	羽藤 仁 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地株式 会社東芝横浜事業所内
		(74) 代理人	弁理士 大胡 典夫

(54) 【発明の名称】 液晶表示素子

(57) 【要約】

【構成】 液晶セル4とこの液晶セルを挟む偏光板1、7との間に、光学異方素子2、3、5、6を、液晶セルが存在しない状態で、垂直入射光に対する異常光と常光の位相差が零になるように配置する。

【効果】 視角特性が改善され高視認性の液晶表示素子が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 2枚の偏光板の間に、2枚の基板間で電圧無印加時にねじれた配向をしている液晶セルを配置し、液晶セルと2枚の偏光板との両方の間に光学異方素子を配置しており、前記光学異方素子は、液晶セルが無い場合に、垂直入射光に対し異常光と常光の位相差がほぼ零となるような配置をしていることを特徴とする液晶表示素子。

【発明の詳細な説明】

【発明の目的】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、液晶表示素子に係わり、特にコントラスト比及び表示色の視角依存性を制御した液晶表示素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、薄型軽量、低消費電力という大きな利点をもつ液晶表示素子は、日本語ワードプロセッサやデスクトップパーソナルコンピュータ等のパーソナルOA機器の表示装置として積極的に用いられている。液晶表示素子（以下LCDと略称）のほとんどは、ねじれネマティック液晶を用いており、表示方式としては、複屈折モードと旋光モードの2つの方式に大別できる。

【0003】 ねじれネマティック液晶を用いた複屈折モードの表示方式のLCDは、90°以上ねじれた分子配列をもち（ST方式と呼ばれる）、急峻な電気光学特性をもつため、各画素ごとにスイッチング素子（薄膜トランジスタやダイオード）が無くても単純なマトリクス状の電極構造でも時分割駆動により容易に大容量表示が得られる。しかし、ST方式では、複屈折効果を利用しているため表示色が黄色と濃紺色のいわゆるイエローモード表示や、白色と青色のいわゆるブルーモード表示となり、白黒表示やカラー表示が不可能であった。このような表示の色づきを解消する手段として、素子面内で屈折率の異方性をもつ光学異方素子を偏光板と液晶セルの間に配置することによって白黒表示を実現できることがヨーロッパ公開特許第246842号公報にて報告されている。

【0004】 旋光モードのLCDは90°ねじれた分子配列をもち、応答速度が速く（数十ミリ秒）高いコントラスト比と良好な階調表示性を示すことから、時計や電卓、さらにはスイッチング素子を各画素ごとに設けることにより大表示容量で高コントラストな高い表示性能をもったLCD（TFT-LCDやMIM-LCD）を実現することができる。

【0005】 しかし、これらねじれネマティック液晶を用いたLCDは、見る角度や方向によって表示色やコントラスト比が変化するという視角依存性をもち、陰極線管CRTの表示性能を完全に越えるまでにはいたらない。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 液晶分子は、液晶分子の長軸方向と短軸方向に異なる屈折率を有することは一般に知られている。この様な屈折率の異方性を示す液晶分子にある偏光光が入射すると、その偏光光は液晶分子の角度に依存して偏光状態が変化する。ねじれネマティック液晶の液晶セルの分子配列は、液晶セルの厚み方向に液晶分子の配列がねじれた構造を有しているが、液晶セル中を透過する光は、このねじれた配列の液晶分子の個々の液晶分子の向きによって逐次偏光して伝搬する。

従って、液晶セルに対し光が垂直に入射した場合と斜めに入射した場合とでは、液晶セル中を伝搬する光の偏光状態は異なり、その結果、液晶表示素子を見る時の方向や角度によって表示のパターンが反転して見えたり、表示のパターンが全く見えなくなったりするという現象として現れ、実用上好ましくない。

【0007】 【発明の構成】

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明は、2枚の偏光板の間に、2枚の基板間で電圧無印加時にねじれた配向をしている液晶セルを配置し、液晶セルと2枚の偏光板との両方の間に光学異方素子を配置しており、前記光学異方素子は、液晶セルが無い場合に、垂直入射光に対し異常光と常光の位相差がほぼ零となるような配置をしていることを特徴とする。

【0009】

【作用】 一般にねじれネマティック液晶を用いたLCDに用いられる偏光板の配置には大きく分けて2通りあり、2枚の基板間に液晶を配した液晶セルに電圧を印加しないとき、光が透過せず、電圧を印加したとき、光の透過状態が得られる（ノーマリークローズ）方式と、液晶セルに電圧を印加しないとき光が透過し、電圧を印加したとき光が遮断される（ノーマリーオープン）方式とがある。図2は、従来例のTN方式のノーマリーオープンとノーマリークローズの表示面法線から左右の方向に0°から60°まで傾いた時のコントラスト比依存性を示す図で、ノーマリーオープンの場合は(10.0)、ノーマリークローズの場合は(11.0)で示されている。これらと比較すると、ノーマリークローズの方がノーマリーオープンよりコントラスト比の視角依存性が少ないことが分かる。コントラスト比とは、光が透過した状態（明状態）の輝度を光が遮断された状態（暗状態）の輝度で割った値であり、コントラスト比は暗状態の輝度に大きく影響する。そこでノーマリーオープンとノーマリークローズの両方式の暗状態の輝度の左右方向における視角依存性を測定してみると、図3に示した様な特性が得られる。ノーマリーオープンの場合を(10.1)でノーマリークローズの場合を(11.1)で示した。図から明らかなように、ノーマリークローズの方がノーマリーオープンより暗状態の視角依存性が小さく、その結果ノーマリークローズの方がノーマリーオープンよりコントラスト比の視

角特性が良くなっている。

【0010】ノーマリーオープンとノーマリークローズの暗状態の違いを考察してみると、ノーマリーオープンの場合は光を遮断するために電圧を液晶セルに印加しており、分子配列状態のねじれ構造が歪んでいる。従って、この歪んだ分子配列状態が視角特性に影響を与えていると考えられる。そこで液晶セルに暗状態が得られる電圧値を印加した時のセル中の分子配列状態を計算してみると、図4に示す様になる。ここで、図中の17及び18はそれぞれチルト角及びツイスト角で、チルト角とは、図5に示す座標系において液晶セルの基板面をxy面としたとき、xy面に対する液晶分子(5.1)の長軸5.1Lの傾き角を示し、ツイスト角とは、液晶分子(5.1)をz軸からxy面へ投射した軸5.1xyとx軸とのなす角度である。電圧が印加された状態では、液晶セルの中央付近では液晶分子が90°近く傾くが、上下の基板表面付近では、基板表面の配向規制力の影響を受けて液晶分子はあまり傾かない。また、ツイスト角はSの字型の分布となる。液晶分子のチルト角がセル厚方向にたいして一定で、ツイスト角が線形にねじれている場合、すなわち

ノーマリークローズの場合の様な電圧無印加時の分子配列状態と比較すると、電圧印加時の分子配列状態は、液晶セルを見る角度と方位により異なって見え、その結果液晶分子配列状態の見え方の違いが液晶セル中を伝搬する偏光状態の違いとなって視角特性に反映される。従ってノーマリークローズの方が視角特性が良いのは、見る方向角度による暗状態の分子配列状態の見え方の違いがノーマリーオープンより小さいためである。

【0011】従って、何らかの方法でどんな方向から見ても同一な分子配列状態が見える様に工夫することができれば、ノーマリーオープンの場合の暗状態の視角特性を改善することができる。

【0012】液晶セル中に見る角度によって最も液晶分子の見え方の変化の大きいのは、液晶セル中央付近の液晶分子が大きく傾いた箇所である。そこでこの箇所の見え方の変化を小さくする手法について簡単に説明する。

【0013】液晶の様な光学異方体は、三次元xyz軸の屈折率楕円体で記述される。図6は液晶分子が垂直に立った状態を屈折率楕円体で示したものであるが、複屈折現象は、この屈折率楕円体26をある方向からみたときの2次元面内の屈折率差に関する現象であるから、z方向から見たとき、すなわち液晶セルを真正面から見たときに、2次元面内の屈折率体(6.4)は円となり、屈折率差と視軸(6.1)から見たときの屈折率体(6.5)とは異なる。ノーマリーオープン(クロスニコル)の場合、z方向から見たときの屈折率差は0であるから暗状態が得られるが、視軸(6.1)から見たときは屈折率差が生じるために暗状態とはならない。屈折率楕円体6を見る角度(6.3)を大きくしていくと視軸(6.1)から見える2次元面内の楕円(6.5)は n_{e1} の長さ方向に大きくなり、視

軸(6.1)の方向から見た時より大きい透過光が観測される。従ってこの様な屈折率楕円体を光学的に補償するには、屈折率楕円体を見る角度(6.3)を大きくしていったとき n_{e2} の長さ方向の屈折率が大きくなるようになり、かつ2次元面内の楕円(6.5)が円になるような大きさの偏屈折率楕円体を視軸(6.1)上に配置すれば屈折率楕円体6を光学的に補償することができる。例えば、図7示すような屈折率楕円体27をx軸と平行となるように配置することにより、屈折率楕円体27を視軸(6.1)から見たときの2次元面内の屈折率体71と、屈折率体(6.5)とを合成した屈折率体は円となり、屈折率楕円体26を光学的に補償することができる。

【0014】しかし、厳密に言えば電圧印加時の分子配列状態は、上下の配向基板付近で大きくねじれた配列となっており、液晶分子の見え方の変化を補償するには、これらの寄与が無視できない。従って、図7に示すような屈折率楕円体27を液晶セルの上に配置しただけでは不十分で、液晶セルと偏光板の両方の間に光学異方素子を配置することによって、所望な補償を得ることができる。ここで光学異方素子を偏光板間に配置する際、液晶セルが無く2枚の偏光板のみで光学異方素子を挟んだとき、垂直入射光に対し異常光と常光の位相差がほぼ零となるような配置をしなければ複屈折効果により表示色が変化してしまう為、上下の液晶セルと偏光板の両方の間に、光学異方素子を液晶セルが無い場合に、垂直入射光に対し異常光と常光の位相差がほぼ零となるような配置をすることが必要で、これによって液晶表示素子のコントラスト比の視角特性の制御ならびに視角依存性の改善が可能となる。以上TN液晶セルを例にとって説明したが、TN方式のみならずST方式やねじれ角が90°以下の小さなねじれ角の表示方式のLCDにも同様な効果が得られる。

【0015】

【実施例】以下本発明の液晶表示素子の実施例を詳細に説明する。

(実施例1) 図1に本実施例におけるセル構成を示す。1及び7は偏光板で視角方向(1.1)、(7.1)は偏光板の吸収軸に相当する。4は、ねじれ角が90°の液晶セルで(4.1)、(4.2)は、上下の基板4a、4bのラビング軸を示す。ラビング軸(4.1)と(4.2)は液晶の配向を決定するもので互いに直行して液晶にねじれを与えている(電圧無印加状態)。吸収軸(1.1)と上側基板4aのラビング軸(4.1)は平行で、吸収軸視角方向(7.1)と下側基板4bのラビング軸(4.2)は平行である。

【0016】符号2、3、5、6で示す部分は素子面(z軸法線面)内に光軸を持つ1軸延伸の光学異方素子で、軸法線面内の光軸方向(2.1)、(3.1)、(5.1)、(6.1)の屈折率 n_x とz軸法線面内の光軸法線方向の屈折率 n_z とが異なる。光学異方素子2、3、5、6のリタデーション値は、すべて100nmである。また、液

晶セルのリタデーション値は、480nmである。

【0017】各光学異方素子の光軸は、x軸を基準として上側基板のラビング軸を45°とすると

光学異方素子6の光軸(6.1)の角度=135°

光学異方素子5の光軸(5.1)の角度=45°

光学異方素子3の光軸(3.1)の角度=0°

光学異方素子2の光軸(2.1)の角度=90°である。

【0018】本構成の液晶表示素子の電気光学特性の一例を図8に、後に示す比較例については図11に示す。

【0019】図8、図15は、液晶セルのy方向における本構成の液晶表示素子の透過率の印加電圧特性で、液晶セル法線方向から15°置きに60°まで液晶セルが傾いた時の透過率の印加電圧特性である。理想的には、液晶セルがどんなに傾いても透過率の印加電圧特性が変化しないことが望ましい。これらの図を比較すると、本実施例の方が、特に約2.5Vから約5Vまでの印加電圧の範囲において、透過率の視角依存性が小さく、10インチのTFT-LCDを本構成で作成し16階調表示をしたところ、視点を変化させても16階調間の識別ができる高コントラストなLCDが実現できた。視角特性を測定したところ、60°コーン(垂直軸から入射角を60°傾けた位置からの観察)でコントラスト比30:1以上が得られ、入射角が60°以上でも表示画の反転が生じない着色の無い白黒の良好な表示が得られた。

(比較例)実施例1において液晶セル4と上下の偏光板1、7との間に光学異方素子を配置しない場合の液晶表示素子の視角特性を測定した。電気光学特性の測定結果を図11に示す。暗状態は視角により変化し、60°コーンではコントラスト比の最大値が、25:1しか得られず、入射角が60°以上になると見る方位によって表示画が反転したり、全く見えなくなったりする。

(実施例2)実施例1において、光学異方素子2、3、5、6のリタデーション値を150nmとした。実施例1と同様に本構成の液晶表示素子の電気光学特性の一例を図9に示す。約2.5Vから約5Vまでの印加電圧の範囲において、透過率の視角依存性が小さく、10インチのTFT-LCDを本構成で作成し16階調表示をしたところ、視点を変化させても16階調間の識別ができる高コントラストなLCDが実現できた。視角特性を測定したところ、60°コーンでコントラスト比40:1以上が得られ、入射角が60°以上でも表示画の反転が生じない着色の無い白黒の良好な表示が得られた。

(実施例3)実施例1において、光学異方素子2、3、5、6のリタデーション値を150nmとし、光学異方素子3の光軸(3.1)の角度=135°光学異方素子2の光軸(2.1)の角度=45°とした。

【0020】実施例1と同様に本構成の液晶表示素子の電気光学特性の一例を図10に示す。約2.5Vから約5Vまでの印加電圧の範囲において、透過率の視角依存

性が小さく、10インチのTFT-LCDを本構成で作成し表示をしたところ、視点を変化させてもコントラスト比の変化の少ないLCDが実現できた。視角特性を測定したところ、60°コーンでコントラスト比30:1以上が得られ、入射角が60°以上でも表示画の反転が生じない着色の無い白黒の良好な表示が得られた。

(実施例4)実施例1において、光学異方素子2、3、5、6のリタデーション値を150nmとし、光学異方素子3の光軸(3.1)の角度=45°

光学異方素子2の光軸(2.1)の角度=135°とした。

【0021】実施例1と同様に本構成の液晶表示素子の電気光学特性の一例を図11に示す。約2.5Vから約5Vまでの印加電圧の範囲において、透過率の視角依存性が小さく、10インチのTFT-LCDを本構成で作成し16階調表示をしたところ、視点を変化させてもコントラスト比の変化の少ない高コントラストなLCDが実現できた。視角特性を測定したところ、60°コーンでコントラスト比35:1以上が得られ、入射角が60°以上でも表示画の反転が生じない着色の無い白黒の良好な表示が得られた。

(実施例5)図12に本実施例におけるセル構成を示す。1及び7は偏光板で、視角方向(1.1)、(7.1)は偏光板の吸収軸に相当する。4はねじれ角が90°の液晶セルで(4.1)、(4.2)は、上下の基板のラビング軸を示す。ラビング軸(4.1)と(4.2)は互いに直行している。吸収軸(1.1)と上側基板のラビング軸(4.1)は平行で、吸収軸視角方向(7.1)と下側基板のラビング軸(4.2)は平行である。

【0022】符号2、3、5、6、8、9で示す部品は素子面(z軸法線面)内に光軸を持つ1軸延伸の光学異方素子で、軸法線面内の光軸方向(2.1)、(3.1)、(5.1)、(6.1)、(7.1)、(8.1)の屈折率 n_x とz軸法線面内の光軸法線方向の屈折率 n_y とが異なる。光学異方素子2、3、5、6、7、8のリタデーション値は、すべて100nmである。また、液晶セルのリタデーション値は、480nmである。

【0023】各光学異方素子の光軸は、x軸を基準として上側基板のラビング軸を45°とすると、光学異方素子6の光軸(6.1)の角度=135°

光学異方素子5の光軸(5.1)の角度=45°

光学異方素子3の光軸(3.1)の角度=0°

光学異方素子2の光軸(2.1)の角度=90°

光学異方素子9の光軸(9.1)の角度=135°

光学異方素子8の光軸(8.1)の角度=45°である。

【0024】本構成の液晶表示素子の電気光学特性の一例を図13に示す。図13は、液晶セルのy方向における本構成の液晶表示素子の透過率の印加電圧特性で、液晶セル法線(z軸)から15°置きに60°まで液晶セルが傾いた時の透過率の印加電圧特性である。理想的には、液晶セルがどんなに傾いても透過率の印加電圧特性

が変化しないことが望ましい。約2.5Vから約5Vまでの印加電圧の範囲において、透過率の視角依存性が小さく、10インチのTFT-LCDを本構成で作成し16階調表示をしたところ、視点を変化させても16階調間の識別ができる高コントラストなLCDが実現できた。視角特性を測定したところ、60°コーンでコントラスト比50:1以上が得られ、入射角が60°以上でも表示画の反転が生じない着色の無い白黒の良好な表示が得られた。

(実施例6) 実施例5において、

光学異方素子9の光軸(9.1)の角度=0°

光学異方素子2の光軸(2.1)の角度=90°

とし、実施例1と同様に本構成の液晶表示素子の電気光学特性の一例を図14に示す。約2.5Vから約5Vまでの印加電圧の範囲において、透過率の視角依存性が小さく、10インチのTFT-LCDを本構成で作成し16階調表示をしたところ、視点を変化させてもコントラスト比の変化の少ない高コントラストなLCDが実現できた。視角特性を測定したところ、60°コーンでコントラスト比50:1以上が得られ、入射角が60°以上でも表示画の反転が生じない着色の無い白黒の良好な表示が得られた。

(実施例7) 実施例5において、液晶セル4としてねじれ角が240°で上基板のラビング軸(4.1)が60°、下基板のラビング軸(4.2)が120°のST方式の液晶セルを用いた。偏光板1、7の偏光軸は(1.1)が90°、(7.1)が110°である。本構成で、640×400ドットの1/200デューティの単純マルチプレクス駆動のLCDを作成したところ、視点を変化させてもコントラスト比の変化の小さいLCDが実現できた。視角特性を測定したところ、60°コーンでコントラスト比10:1以上が得られ、入射角が60°以上でも表示画の反転が生じない良好な表示が得られた。

(実施例8) 図16において、偏光板1の側のセル4の基板4aのラビング軸(4.1)をX軸に対してX-Y面内で45°となるように配置し、偏光板1の偏光軸(1.1)をX軸に対し45°、偏光板2の偏光軸(6.1)をX軸に対し135°に配置した。セルを挟む(17.1)、(17.3)は厚み方向(z軸方向)に光軸を持つ光学異方素子で、z軸の光軸方向(17.2)の屈折率 n_z とz軸法線面内の屈折率 n_x, y とが異なり厚み方向の屈折率 n_z の方が面内方向の屈折率 n_x, y より大きい。(17.1)、(17.3)の光学異方素子のz軸法線面内のリタデーション値は、軸延伸の光学異方素子の厚さ(17.8)、(17.9)をdとすると

$$(n_x, y - n_z) \times d = -100 \text{ nm}$$

である。液晶セルのリタデーション値(=Δnd)は、480nmである。本構成の液晶表示素子の横方向の電気光学特性の一例を図17に示す。図17は液晶セルの正面方向から15°傾きに60°まで傾いた方向における透過率の印加電圧特性であり、明状態は0V、暗状態

は4.5Vの電圧を液晶セルに印加して表示する。これらの図を比較すると、透過率の印加電圧特性と透過率の印加電圧特性の4.5V付近の透過率(暗状態)が、ほとんど変わらず、表示コントラスト比の視角特性が改善できた。この構成の液晶表示素子の視角特性を測定したところ、60°コーンでコントラスト比35:1以上が得られ、入射角が60°以上でも表示画の反転が生じない着色の無い白黒の良好な表示が得られた。

(実施例9) 実施例8において、液晶セル4と上下偏光板との間にリタデーション値が-150nmの光学異方素子を配置した。実際に、この構成の液晶表示素子の電気光学特性の一例を図18に示す。図11の比較例の電気光学特性と比較すると、本実施例の方が視角を変化させても暗状態が変化せず、表示コントラストの視角特性が改善できた。この構成の液晶表示素子の視角特性を測定したところ、60°コーンでコントラスト比30:1以上が得られ、入射角が60°以上でも表示画の反転が生じない着色の無い白黒の良好な表示が得られた。

(実施例10) 実施例8において、液晶セル4と偏光板1との間にリタデーション値が-300nmの光学異方素子を配置した。実際に、この構成の液晶表示素子の電気光学特性の一例を図19に示す。図15の比較例の電気光学特性と比較すると、本実施例の方が視角を変化させても暗状態が変化せず、表示コントラストの視角特性が改善できた。この構成の液晶表示素子の視角特性を測定したところ、60°コーンでコントラスト比38:1以上が得られ、入射角が60°以上でも表示画の反転が生じない着色の無い白黒の良好な表示が得られた。(実施例11) 実施例8において偏光板1、2の保護膜の替わりに1(7.1)、(17.4)の光学異方素子を一体形成した偏光板を作成し、液晶表示素子を作成した。この構成の液晶表示素子の視角特性を測定したところ、60°コーンでコントラスト比38:1以上が得られ、入射角が60°以上でも表示画の反転が生じない着色の無い白黒の良好な表示が得られた。

(実施例12) 実施例9において偏光板1、2の保護膜の替わりに1(7.1)、(17.4)の光学異方素子を一体形成した偏光板を作成し、液晶表示素子を作成した。この構成の液晶表示素子の視角特性を測定したところ、60°コーンでコントラスト比32:1以上が得られ、入射角が60°以上でも表示画の反転が生じない着色の無い白黒の良好な表示が得られた。

(実施例13) 図20に本実施例におけるLCD構成を示す。31及び36は偏光板で、(1.1)、(6.1)は偏光板の吸収軸に相当する。4は液晶セルで(4.1)、(4.2)は、上下の基板4a、4bのラビング軸を示す。ラビング軸(4.1)と(4.2)は互いに直行している。吸収軸(1.1)と上側基板のラビング軸(4.1)は平行で、吸収軸(6.1)と下側基板のラビング軸(4.2)は平行である。

【0025】(17.1)、(17.4)は厚み方向(z軸方向)と

素子面（z軸法線面）内に2つの光軸を持つ2軸延伸の光学異方素子で、z軸方向の光軸方向(17.3)の屈折率 n_x とz軸法線面内の光軸法線方向(17.2)の屈折率 n_z とが異なり厚み方向の屈折率 n_y の方が面内方向の屈折率 n_x 、 n_z より大きい。(17.1)、(17.4)の2軸延伸の光学異方素子のz軸法線面内のリタデーション値は、軸延伸の光学異方素子の厚さ(17.8)、(17.9)をdとすると

$$(n_x - n_y) \times d = 300 \text{ nm}$$

であり、z軸方向のリタデーション値は

$$(n_x - n_z) \times d = -50 \text{ nm}$$

である。(17.1)の2軸延伸の光学異方素子の光軸(17.2)は、上側基板のラビング軸(4.1)と平行となるように液晶セル4と偏光板1との間に配置した。(17.4)の2軸延伸の光学異方素子の光軸(17.5)は、下側基板のラビング軸(4.2)と平行となるように液晶セル4と偏光板6との間に配置した。また、液晶セルのリタデーション値は、480nmである。

【0026】本構成の液晶表示素子の電気光学特性の一例を図21に示す。図21は、液晶セルの横方向における本構成の液晶セルの透過率の印加電圧特性で、液晶セル法線方向から10°置きに60°まで液晶セルが傾いた時の透過率の印加電圧特性である。理想的には、液晶セルがどんなに傾いても透過率の印加電圧特性が変化しないことが望ましい。これらの図を比較すると、本実施例の方が、特に横方向において2.5Vから4Vまでの印加電圧の範囲では、透過率の視角依存性が小さく、階調表示時のコントラスト比の視角特性が改善できた。このセル構成の液晶表示素子の視角特性を測定したところ、60°コーンでコントラスト比35:1以上が得られ、入射角が60°以上でも表示面の反転が生じない着色の無い白黒の良好な表示が得られた。

(実施例14) 実施例13において、(17.1)、(17.4)の2軸延伸の光学異方素子のz軸法線面内のリタデーション値を100nm、z軸方向のリタデーション値を-150nmとした。(17.1)の2軸延伸の光学異方素子の光軸(17.2)を下側基板のラビング軸(4.2)と平行となるように、(17.4)の2軸延伸の光学異方素子の光軸(17.5)を上側基板のラビング軸(4.1)と平行となるように配置した。実施例1と同様に、本構成の液晶表示素子の正面方向と横方向における電気光学特性を図22、23で示す。比較の為比較例における正面方向の電気光学特性を図24に示す。これらを比較すると特に正面方向において、暗状態の透過率の印加電圧特性の視角依存性が少なく、コントラスト比の視角特性が改善できた。このセル構成の液晶表示素子の視角特性を測定したところ、60°コーンでコントラスト比35:1以上が得られ、入射角が60°以上でも表示面の反転が生じない着色の無い白黒の良好な表示が得られた。

(実施例15) 実施例13において偏光板1、6の保護

膜の替わり(17.1)、(17.4)の2軸延伸の光学異方素子を一体形成した偏光板を作成し、光学異方素子の液晶セル側にして液晶表示素子を作成した。この構成の液晶表示素子の視角特性を測定したところ、60°コーンでコントラスト比43:1以上が得られ、入射角が60°以上でも表示面の反転が生じない着色の無い白黒の良好な表示が得られた。

(実施例16) 図25に本実施例におけるセル構成を示す。41及び46は偏光板で(1.1)、(6.1)は偏光板の吸収軸に相当する。4は液晶セルで(4.1)、(4.2)は、上下の基板4a、4bのラビング軸を示す。吸収軸(1.1)と上側基板のラビング軸(4.1)は平行で、吸収軸(6.1)と下側基板のラビング軸(4.2)は平行である。2及び3は光学異方素子で、それぞれ面内に(2.1)、(3.1)の方向に光軸を持ち、光軸(2.1)と(3.1)はほぼ垂直に配置される。2及び3の光学異方素子は、光軸方向と光軸に垂直な方向では屈折率が異なる。光軸(3.1)と液晶セルの上側基板のラビング軸(4.1)はほぼ平行である。5は厚み方向に光軸を持つ光学異方素子で、光軸方向の屈折率 n_t と光学異方素子面方向の屈折率 n_p が異なり、 $n_t < n_p$ の特徴を持つ。

【0027】正の光学異方素子2、3のリタデーション値は300nm、負の光学異方素子5のリタデーション値は-150nmである。また、液晶セルのリタデーション値は、480nmである。本構成の液晶表示素子の電気光学特性の一例を図26に示す。

【0028】図26は、液晶セルの横方向における本構成の液晶セルの透過率の印加電圧特性で、液晶セル法線方向から10°置きに60°まで傾いた方向における透過率の印加電圧特性である。明状態は0V、暗状態は4.5Vの電圧を液晶セルに印加して表示する。これらの図を比較すると、本実施例の方が、特に横方向において2.5Vから4Vまでの印加電圧の範囲では、透過率の視角依存性が小さく、階調表示時のコントラスト比の視角特性が改善できた。このセル構成の液晶表示素子の視角特性を測定したところ、60°コーンでコントラスト比30:1以上が得られ、入射角が60°以上でも表示面の反転が生じない着色の無い白黒の良好な表示が得られた。

(実施例17) 図27に本実施例におけるセル構成を示す。51及び55は偏光板で(1.1)、(5.1)は偏光板の吸収軸に相当する。52、53、54は、ねじれ角が90°の液晶セルで(2.1)、(3.1)、(4.1)は、上の基板のラビング軸、(2.2)、(3.2)、(4.2)は、下の基板のラビング軸を示す。各軸をx軸を基準として反時計回りで示すと

$$(1.1) \text{ の角度} = 135^\circ$$

$$(2.1) \text{ の角度} = 135^\circ$$

$$(3.1) \text{ の角度} = 45^\circ$$

$$(4.1) \text{ の角度} = 135^\circ$$

(5.1) の角度=45°

である。2及び4の液晶セルのねじれ方向は、液晶セル53と逆で、液晶セル52、53、54のリタデーション値は、全て480nmである。

【0029】本構成の液晶表示素子の電気光学特性の一例を図28、29に示す。図28がx方向、図29がy方向から液晶セル法線方向より15°置きに60°まで傾けて観測した時の透過率の印加電圧特性である。従来例と比較すると、本実施例の方が、印加電圧の範囲において、透過率の視角依存性が大きいが、液晶セルの表示面法線方向から見たときのコントラスト比が増加し、コントラスト比200:1が得られた。

【0030】

【発明の効果】本発明によれば、ねじれネマティック液晶を用いた液晶表示素子の視角特性が改善され、視認性にすぐれる高品位表示の液晶表示素子を提供することができる。また、本発明をTFTやMIMなどの3端子、2端子素子を、用いたアクティブマトリクス液晶表示素子に応用しても優れた効果が得られることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の液晶表示素子の構成の一実施例を示す分解斜視図である。

【図2】従来のTN型液晶表示素子の左右方向のノーマリーオープンとノーマリークローズのコントラスト比の視角特性を説明する曲線図である。

【図3】従来のTN型液晶表示素子の左右方向のノーマリーオープンとノーマリークローズの暗状態の輝度の視角特性を説明する曲線図である。

【図4】液晶セルに電圧が印加された状態における液晶セル厚方向の分子配列状態を示す曲線図である。

【図5】図4の液晶分子のチルト角とツイスト角の座標系を示す図である。

【図6】液晶分子が立った状態の三次元の屈折率楕円体を示す図である。

【図7】図6の屈折率楕円体を光学補償する屈折率楕円体を説明する図である。

【図8】実施例による効果を説明する印加電圧対透過度を示す曲線図である。

【図9】実施例による効果を説明する印加電圧対透過度を示す曲線図である。

【図10】実施例による効果を説明する印加電圧対透過度を示す曲線図である。

【図11】実施例による効果を説明する印加電圧対透過度を示す曲線図である。

【図12】本発明の液晶表示素子の構成の他の実施例を示す分解斜視図である。

【図13】実施例による効果を説明する印加電圧対透過度を示す曲線図である。

【図14】実施例による効果を説明する印加電圧対透過度を示す曲線図である。

【図15】従来例における液晶表示素子の特性を説明する印加電圧対透過度を示す曲線図である。

【図16】本発明の液晶表示素子の構成の他の実施例を示す分解斜視図である。

【図17】実施例による効果を説明する印加電圧対透過度を示す曲線図である。

【図18】実施例による効果を説明する印加電圧対透過度を示す曲線図である。

【図19】実施例による効果を説明する印加電圧対透過度を示す曲線図である。

【図20】本発明の液晶表示素子の構成の他の実施例を示す分解斜視図である。

【図21】実施例による効果を説明する印加電圧対透過度を示す曲線図である。

【図22】実施例による効果を説明する印加電圧対透過度を示す曲線図である。

【図23】実施例による効果を説明する印加電圧対透過度を示す曲線図である。

【図24】従来例における液晶表示素子の特性を説明する印加電圧対透過度を示す曲線図である。

【図25】本発明の液晶表示素子の構成の他の実施例を示す分解斜視図である。

【図26】実施例による効果を説明する印加電圧対透過度を示す曲線図である。

【図27】本発明の液晶表示素子の構成の他の実施例を示す分解斜視図である。

【図28】実施例による効果を説明する印加電圧対透過度を示す曲線図である。

【図29】実施例による効果を説明する印加電圧対透過度を示す曲線図である。

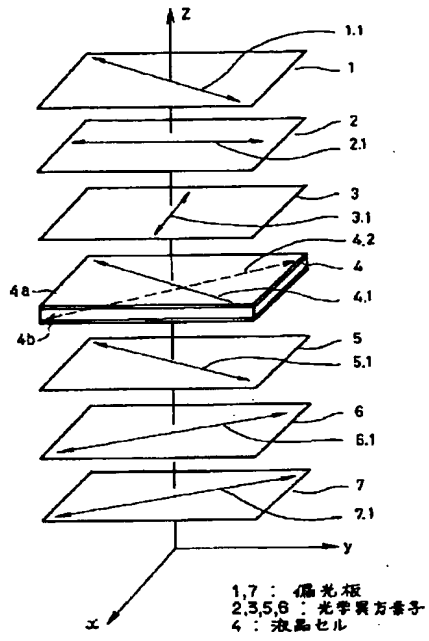
【符号の説明】

1、7…偏光板

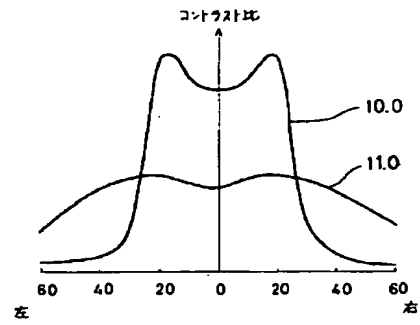
2、3、5、6…光学異方素子

4…液晶セル

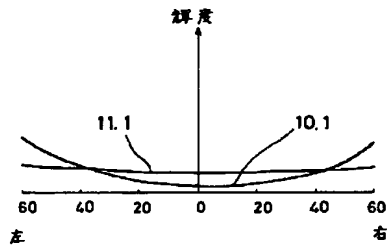
【図1】



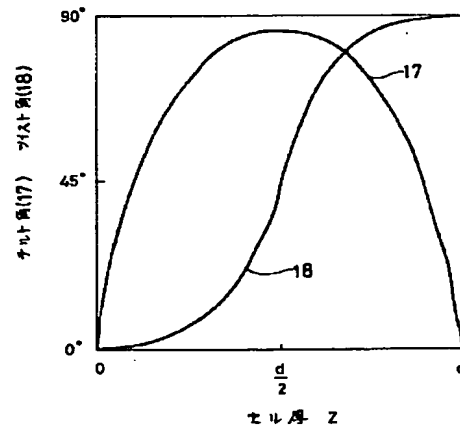
【図2】



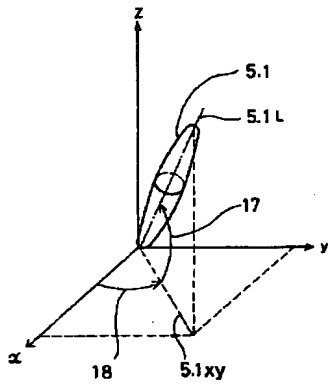
【図3】



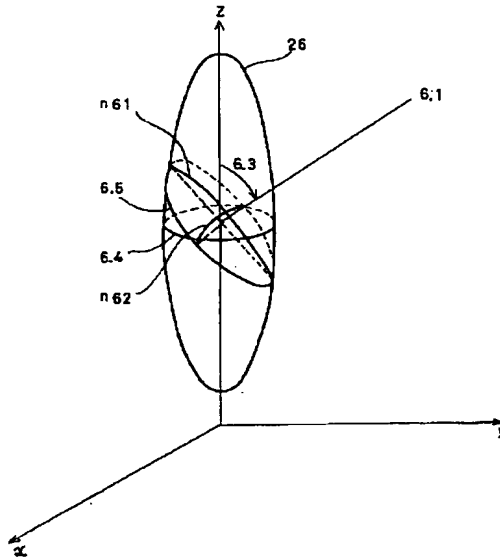
【図4】



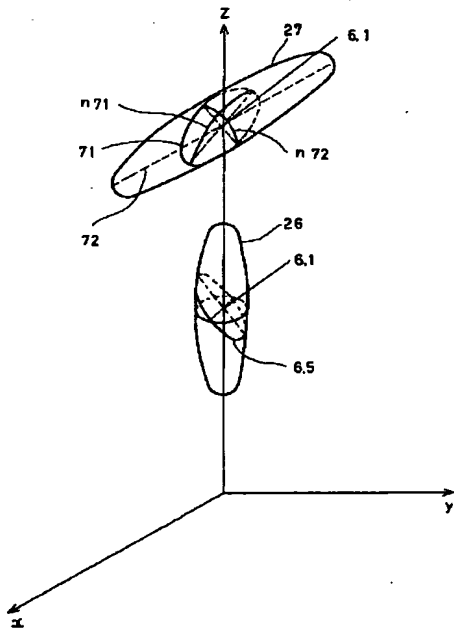
【図5】



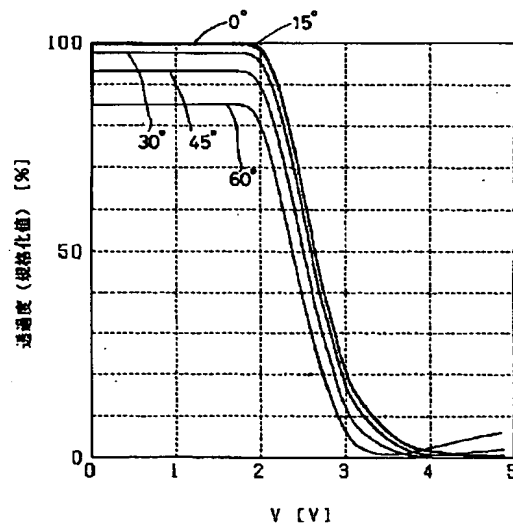
【図6】



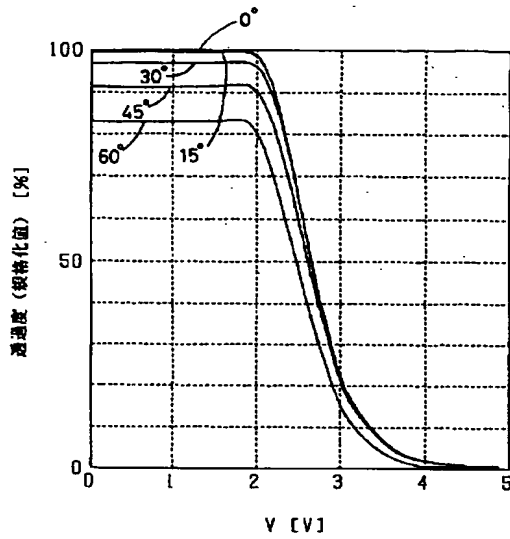
【図7】



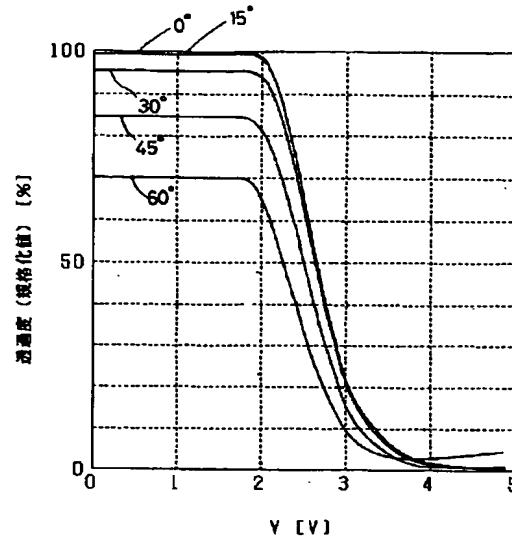
【図8】



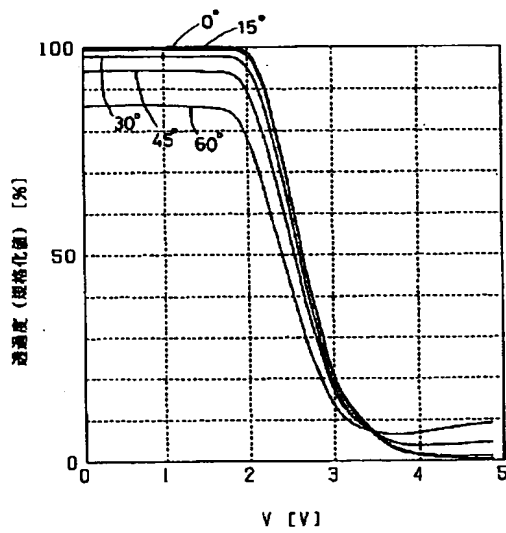
【図9】



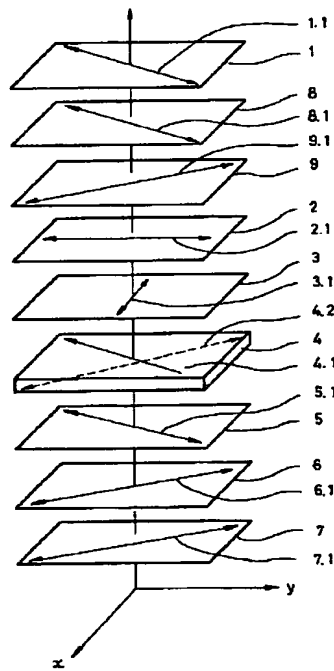
【図10】



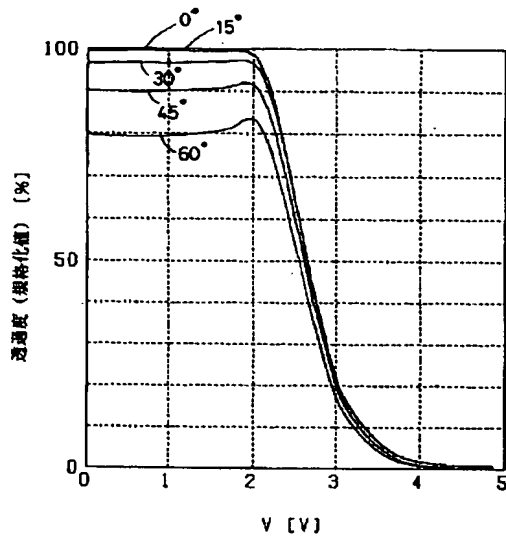
【図11】



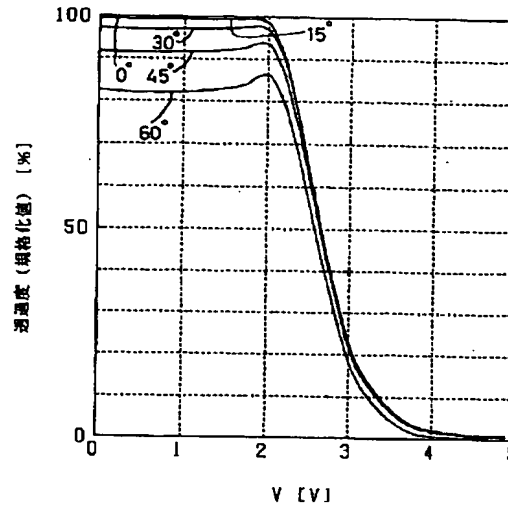
【図12】



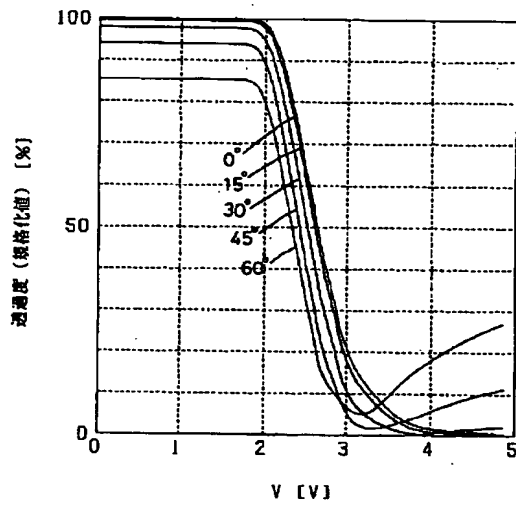
【図13】



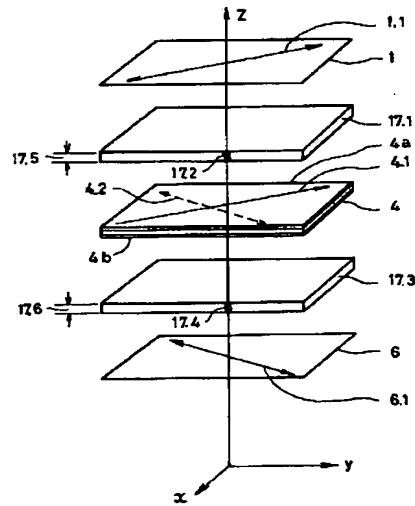
【図14】



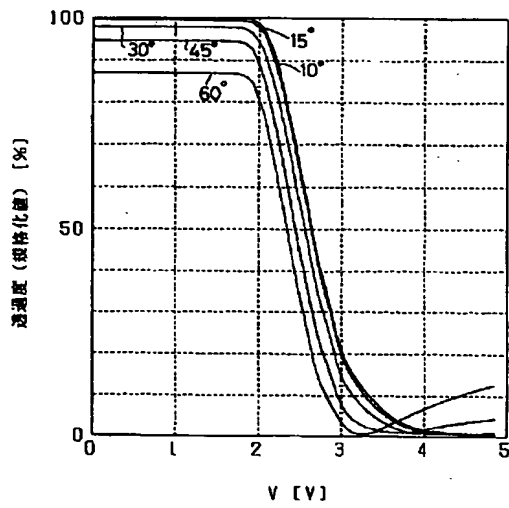
【図15】



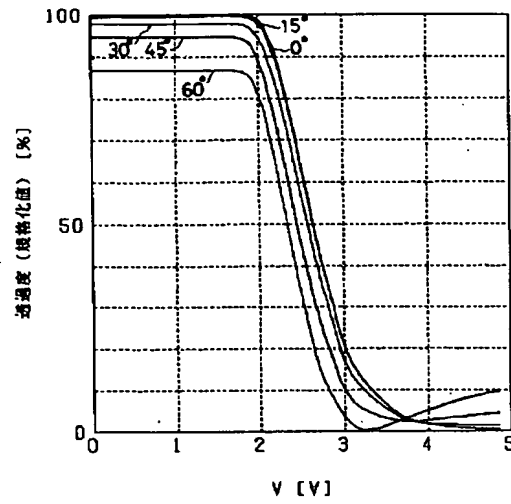
【図16】



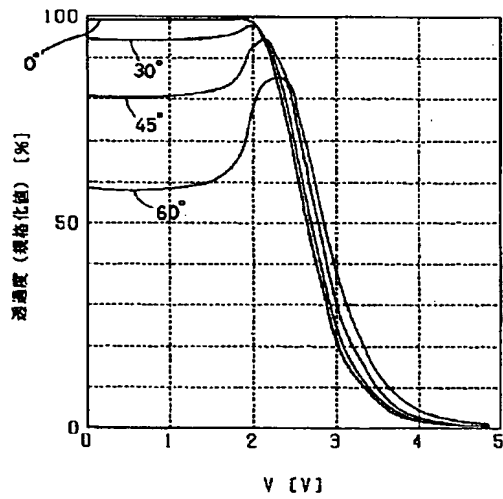
【図17】



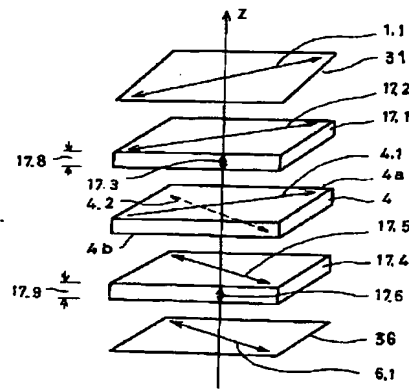
【図18】



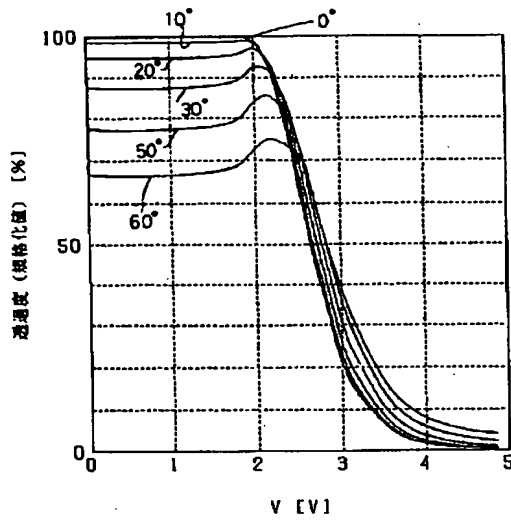
【図19】



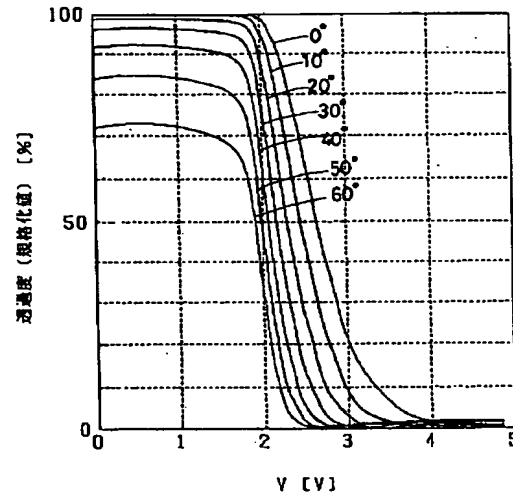
【図20】



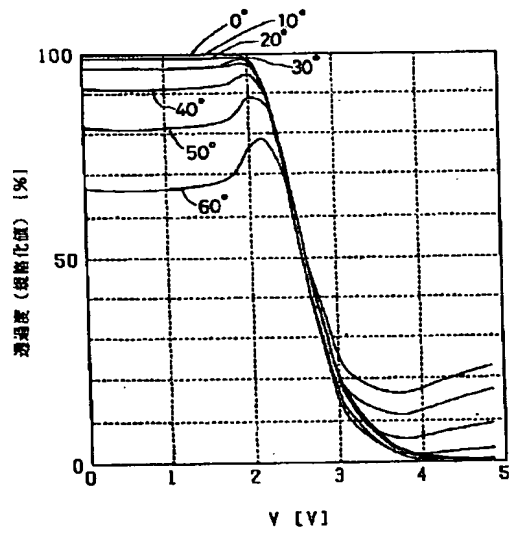
【図21】



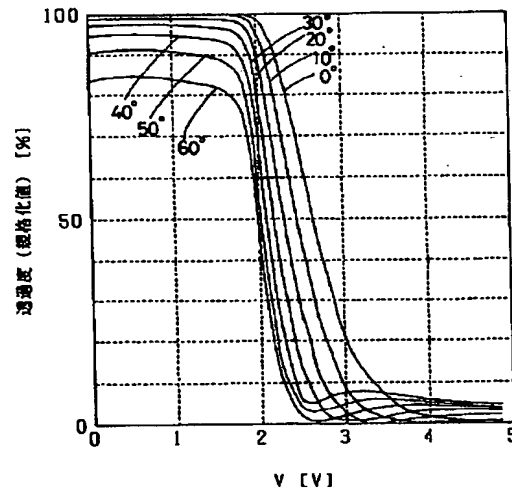
【図22】



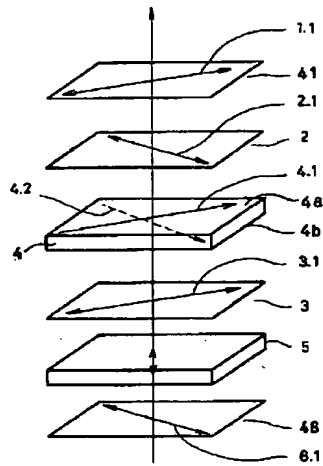
【図23】



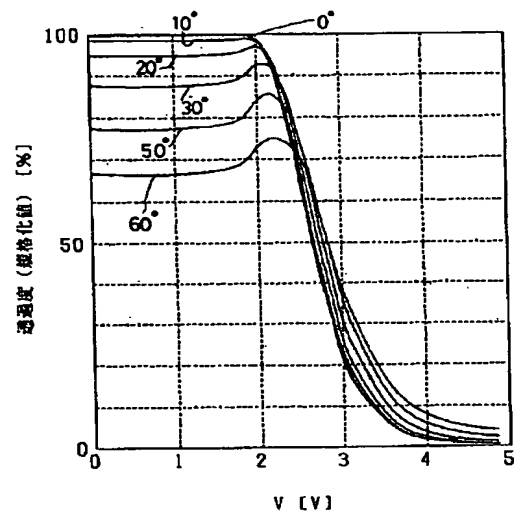
【図24】



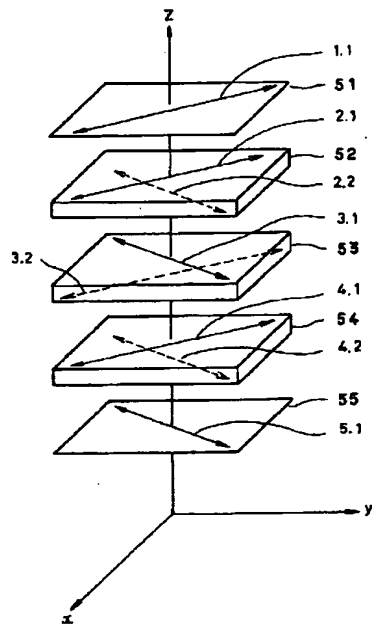
【図25】



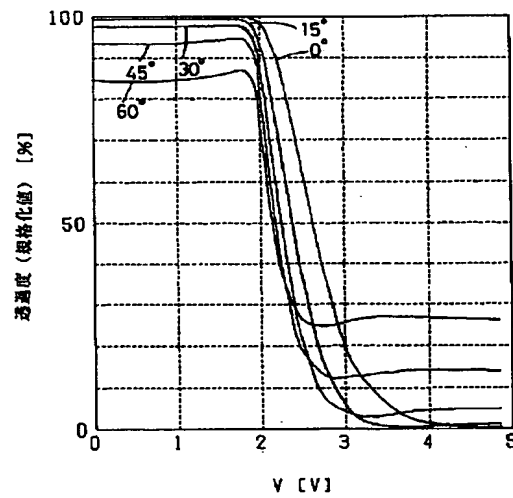
【図26】



【図27】



【図28】



【図29】

